

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 102 13 045.0

**Anmeldetag:** 22. März 2002

**Anmelder/Inhaber:** Melexis GmbH, Erfurt/DE

**Bezeichnung:** Verbesserter optischer Faser-Empfänger

**IPC:** H 04 B 10/06

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 9. April 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

**PRIORITY  
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Ebert



## **Verbesserter optischer Faser-Empfänger**

Die Erfindung betrifft einen monolithisch integrierten optischen Faser-Empfänger mit erhöhter Empfindlichkeit und vergrößerter Bandbreite.

Ein optischer Faser-Empfänger besteht im wesentlichen aus einer Fotodiode sowie einem Transimpedanzverstärker, welcher den Fotodiodenstrom in eine proportionale Spannung umsetzt, und einer Entscheider-Schaltung, welche zu entscheiden hat, ob der empfangene Lichtpegel einer logischen Null oder Eins entspricht. Bei Lichtleitfasern mit größeren Durchmessern ist der zu empfangende Lichtfleck entsprechend groß. Bei Verwendung von Plastikfasern z.B. kann der zu empfangende Lichtfleck verhältnismäßig sehr groß sein (bis zu einem Millimeter Durchmesser). Um den ankommenden Lichtstrom voll auszunutzen zu können, wird die empfangende Fotodiode in ihrer fotoempfindlichen Fläche entsprechend angepaßt. Mit der Empfängerfläche wächst jedoch die Sperrschichtkapazität einer Fotodiode, was eine Verschlechterung sowohl ihrer Geschwindigkeit als auch des Rauschverhaltens des Transimpedanzverstärkers bedeutet.

Zweck der Erfindung ist es, die mit der verhältnismäßig großen fotoempfindlichen Fläche der Diode verbundenen Nachteile weitestgehend zu kompensieren.

Es ist Aufgabe der Erfindung, die Bandbreite und die Empfindlichkeit des Faser-Empfängers zu erhöhen.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die der Größe des Lichtflecks angepaßte Fotodiode in mehrere Teil-Fotodioden unterteilt wird, wobei jede einzelne Teil-Fotodiode mit einem eigenen separaten Transimpedanzverstärker verschaltet ist und die Ausgangssignale der einzelnen Transimpedanzverstärker in einem Summenverstärker wieder addiert werden. Da die Teil-Fotodioden eine geringere Sperrschichtkapazität haben als eine ihrer Summenfläche entsprechende größere, besitzen die einzelnen Transimpedanzverstärker eine größere Bandbreite und ein besseres Rauschverhalten. Diese Größen werden vom Summenverstärker nur noch unwesentlich beeinflußt.

Die Erfindung soll anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert werden. Alle dargestellten Elemente sollen als auf einem Chip integriert in CMOS-Technologie hergestellt verstanden sein.

Es bedeuten:

Fig.1 die Draufsicht auf eine Fotodiode eines optischen Faser-Empfängers der bekannten Art (schematisch),

Fig.2 die Schaltung der Fotodiode mit dem Transimpedanzverstärker,

Fig.3 die Draufsicht auf eine Fotodiode des erfindungsgemäßen optischen Faser-Empfängers (schematisch),  
 Fig.4 die erfindungsgemäße Schaltung der Teil-Fotodioden mit den Transimpedanzverstärkern und dem Summenverstärker,  
 Fig.5 einen vertikalen Schnitt durch die erfindungsgemäße PIN-Fotodiode gemäß Fig.3 (chematisch),  
 Fig.6 ein Diagramm Eingangsrauschstromdichte über Frequenz.

Die ganzflächige Fotodiode in Fig.1, mit einer 0,6µm-CMOS-Technologie hergestellt, hat einen Durchmesser von 400µm und eine Sperrschichtkapazität von etwa 1,6pF. Die 4 Teil-Fotodioden in Fig.3 haben eine Sperrschichtkapazität von 400fF. Der elektrische Kontakt der Fotodioden an der Substratrückseite (siehe Fig.5) reduziert den Serienwiderstand der PIN-Dioden erheblich.

Die Transimpedanzverstärker gemäß Fig.4 haben eine Transimpedanz von 70kOhm und der Summenverstärker eine Verstärkung von 2,5. Die Bandbreite des Transimpedanzverstärkers mit ganzflächiger Fotodiode beträgt dabei 151MHz, die des Gesamtsystems mit viergeteilter Fotodiode gleicher Empfängerfläche 402 MHz. Die Transimpedanz des Gesamtsystems mit viergeteilter Fotodiode beträgt 164kOhm.

Die Fig.6 zeigt die äquivalenten Eingangsrauschstromdichten folgender Systeme: Ganzflächige Fotodiode mit einem Transimpedanzverstärker; eine Teil-Fotodiode mit einem Transimpedanzverstärker und im Vergleich vier Teil-Fotodioden mit jeweils einem Transimpedanzverstärker und anschließender Addition im Summenverstärker.

Integriert man die Eingangsrauschstromdichten im Bereich 1MHz bis 150MHz, so erhält man folgende Werte für den äquivalenten Eingangsrauschstrom: Für die ganzflächige Fotodiode mit einem Transimpedanzverstärker: 59,3nA, für die viergeteilte Fotodiode mit vier Transimpedanzverstärkern und Summenverstärker: 33,5nA. Durch die Vierteilung der Fotodiode kann die Bandbreite mehr als verdoppelt und der äquivalente Eingangsrauschstrom bei konstanter Bandbreite nahezu halbiert werden.

Die Bandbreite des Gesamtsystems von 402MHz ist ausreichend für die Verarbeitung einer Non-Return-to-Zero (NRZ) Datenrate von 500Mbit/s bzw. von 622Mbit/s. Für eine Fotodiode mit einem Durchmesser von 1mm ergibt sich eine Sperrschicht-Kapazität von 8,8pF. Eine von vier Teil-Fotodioden hat somit eine Sperrschichtkapazität von 2,2pF. Für die gleichgroße viergeteilte Fotodiode erreicht man mit dem Gesamtsystem bei einer Transimpedanz von 164kOhm eine Bandbreite von 116Mhz, welche für eine Datenrate von 155Mbit/s ausreicht. Bei einer Verringerung der Rückkoppelwiderstände  $R_f$  ergibt sich bei einer Transimpedanz von 32,6kOhm eine Bandbreite von 413MHz (entsprechend einer Datenrate von 622Mbit/s).

Diese Datenraten können ertmals mit Hilfe des Fotodiodenprinzips zusammen mit einem effektiven Fotodiodendurchmesser von

1mm erreicht werden. Somit kann eine optoelektronische integrierte Schaltung (OEIC) für eine Plastikfaser mit 1mm Durchmesser eine Datenrate von über 500Mbit/s erreichen. Eine weitere Anwendungsmöglichkeit liegt in optischen Empfängern für Glasfasern oder Plastikfasern, die eine hohe Justiertoleranz von optischen Steckverbindungen zulassen, bzw. keine Justierung erfordern.

Das Fotodiodenteilungsprinzip kann auch in Bipolar- und BICMOS-OEICs angewendet werden, die aufgrund der höheren Verstärkung noch höhere Datenraten als 622Mbit/s bei einem effektiven Fotodiodendurchmesser von 1mm erreichen können.

## Ansprüche

1.  
Integrierter optischer Faser-Empfänger für optoelektronische integrierte Schaltungen (OEIC) mit verbesserter Empfindlichkeit und Bandbreite, im wesentlichen bestehend aus einer Fotodiode und einem Transimpedanzverstärker, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Fotodiode in mehrere Teil-Fotodioden unterteilt ist, wobei jede Teil-Fotodiode mit einem eigenen Transimpedanzverstärker verschaltet ist und die Ausgangssignale der einzelnen Transimpedanzverstärker in einem Summenverstärker addiert werden.
2.  
Integrierter optischer Faser-Empfänger nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Fotodiode, die Transimpedanzverstärker und der Summenverstärker mit anderen Schaltungsteilen auf einem Chip integriert sind.
3.  
Integrierter optischer Faser-Empfänger nach Anspruch 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß dieser mit der CMOS-Technologie hergestellt ist.
4.  
Integrierter optischer Faser-Empfänger nach Anspruch 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß dieser mit der Bipolar-Technologie hergestellt ist.
5.  
Integrierter optischer Faser-Empfänger nach Anspruch 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß dieser mit der BiCMOS-Technologie hergestellt ist.

## Zusammenfassung

Es wird ein optischer Faser-Empfänger für optoelektronische integrierte Schaltungen (OEICs) mit verbesserter Empfindlichkeit und verbesserter Bandbreite beschrieben. Die Verbesserungen werden durch Unterteilung der Fotodiode in Teil-Fotodioden erreicht, wobei jede Teil-Fotodiode mit einem eigenen Transimpedanzverstärker verschaltet ist und die Ausgangssignale der einzelnen Transimpedanzverstärker in einem Summenverstärker addiert werden. Der optische Faser-Empfänger kann mit verschiedenen Technologien hergestellt werden: CMOS, BiCMOS, BIPOLAR.

## Bezugszeichenliste

### Fig.1

D : Diode

d : Durchmesser der Empfängerfläche

### Fig.2

D : Diode

Rf: Rückkoppelwiderstand

### Fig.3

D1 : Teil-Diode

D2 : Teil-Diode

D3 : Teil-Diode

D4 : Teil-Diode

d : Durchmesser der Gesamtdiode

A-B: Schnittlinie siehe Fig.5

### Fig.4

D1 : Teil-Diode

D2 : Teil-Diode

D3 : Teil-Diode

D4 : Teil-Diode

Rf : Rückkoppelwiderstand

R1 : Widerstand

R2 : Widerstand

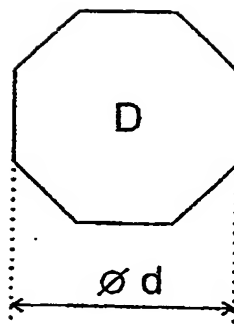


Fig. 1

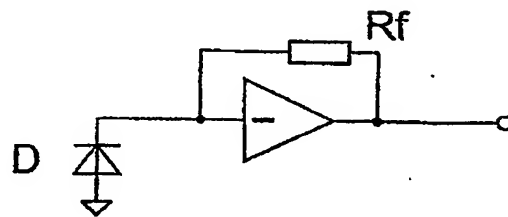


Fig. 2

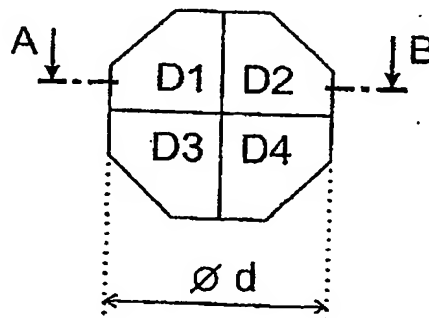


Fig. 3



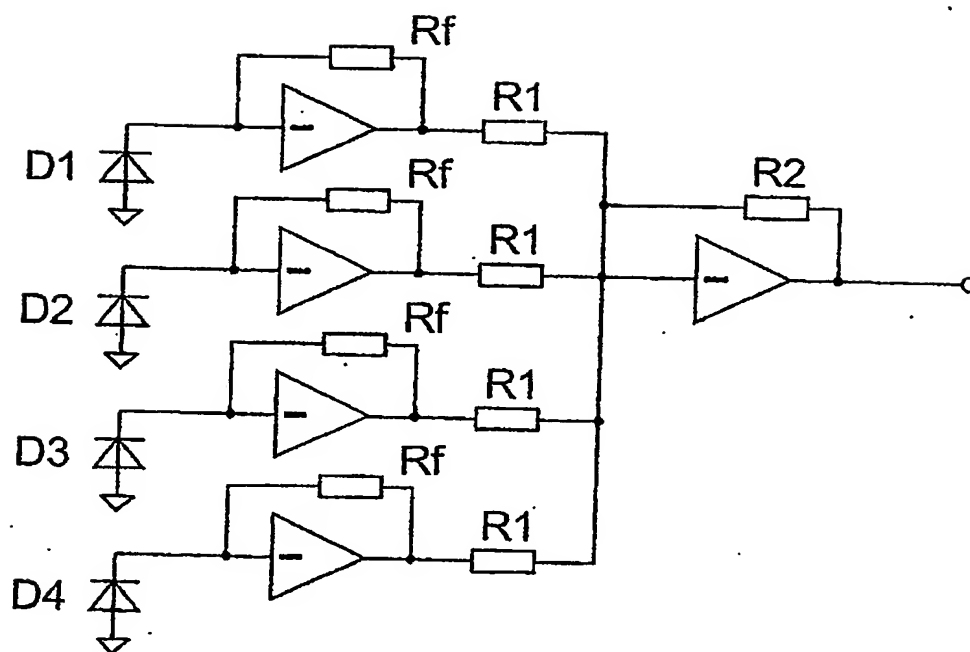
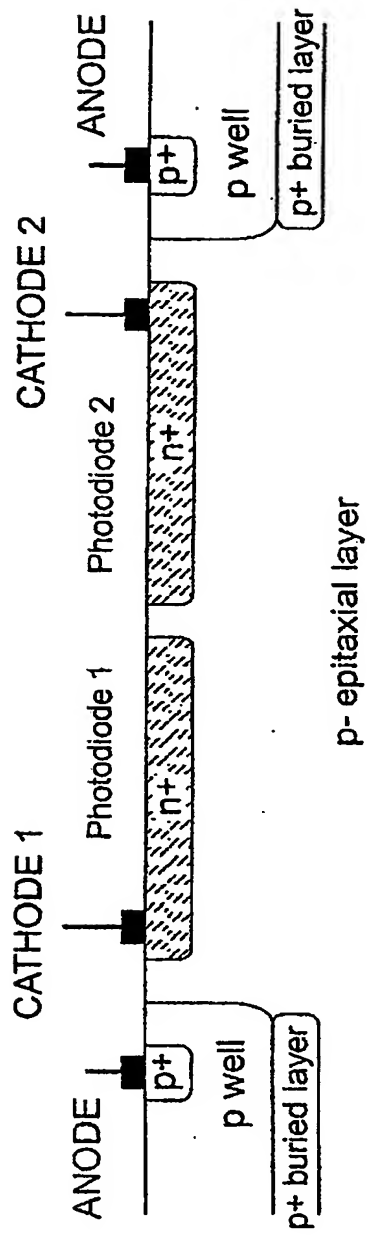


Fig. 4

Anlage (englisch.)



Schnitt A-B

Fig. 5

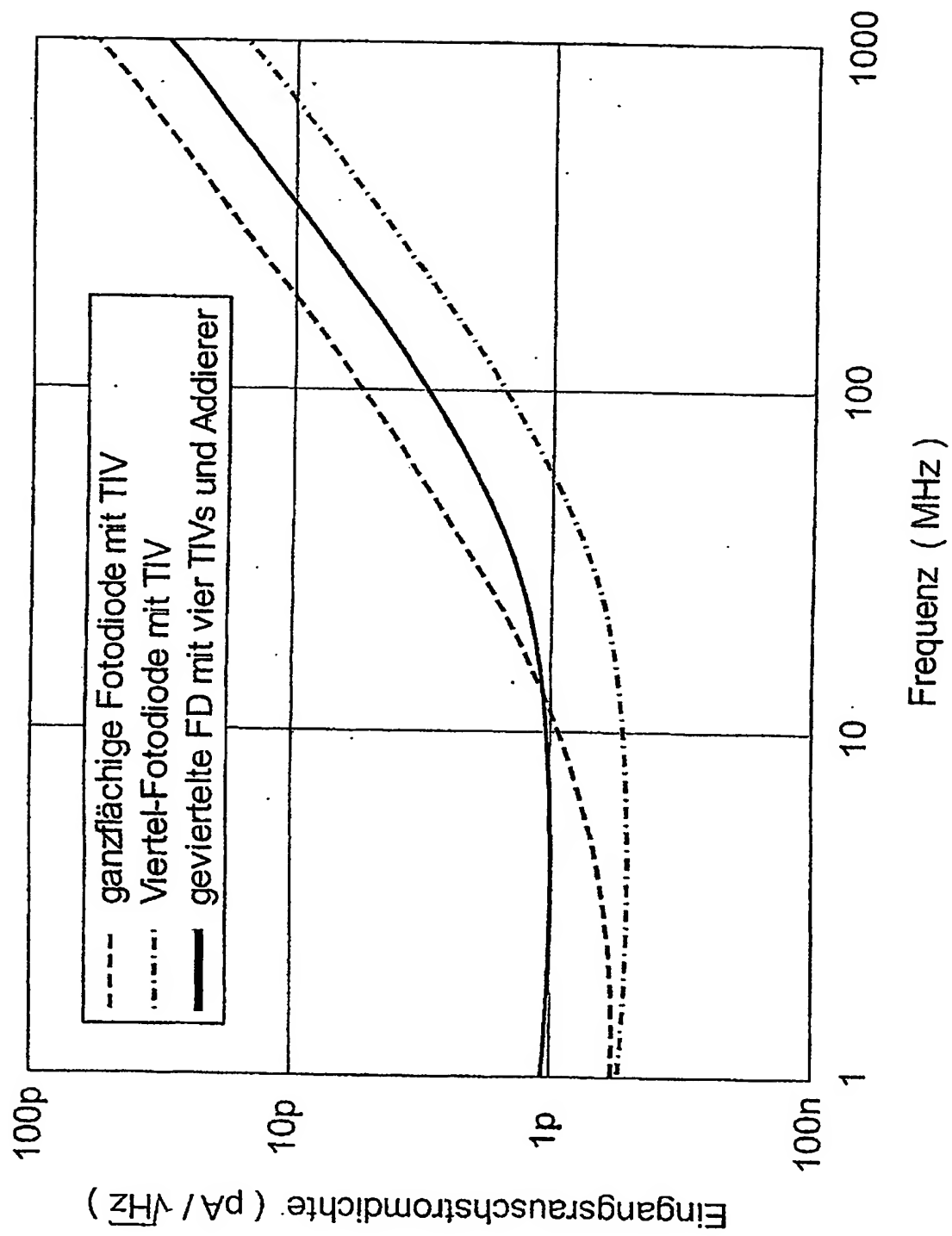


Fig. 6